

基于iCouple~数字隔离技术的脉冲调制变压器特征及其应用

Based on iCouple ~ modulated pulse transformer characteristics and the applications of the digital isolation technology

鲁思慧

摘要: 按照数字式隔离电路的电气结构和传输原理及应用, 仅对基于iCouple~数字隔离技术的脉冲调制变压器隔离器与抗磁场干扰特性的电容耦合隔离器及I²C数字隔离器特征与应用作分析说明。

关键词: 数字隔离, 脉冲变压器, 信号传输

Abstract: according to the digital electric structure and transmission principle and application of isolating circuit, only based on pulse modulation of iCouple ~ digital isolation technology transformer isolator and magnetic field interference characteristics of capacitive coupling isolator and digital isolator analysis of the characteristics and application.

Keywords: digital isolation, Pulse transformer, signal transmission

如今数字隔离电路分类较广, 基本上可分为光电隔离器、电感式隔离器、电容式隔离器等多种。主要可分为光学、电感以及电容耦合技术的数字隔离器件。值此按照数字式隔离电路的电气结构和传输原理及应用, 仅对脉冲调制变压器隔离器件与抗磁场干扰特性的电容耦合隔离器件及用I²C数字隔离器特征与应用作分析说明。

1 脉冲调制变压器隔离器件应用特征

脉冲调制变压器隔离器件是属电感式隔离器范围, 电感耦合使用不断变化的磁场来通过隔离层实现通信。电感耦合的优势之一是在不明显降低差模信号的情况下最小化变压器的共模噪声。另一个优势是信号能量的转换效率极高, 因而可以实现低功耗隔离器。那么脉冲调制变压器隔离器件是何引出的呐?

* 挑战与应对

在电源隔离技术上设计工程师面临的挑战是: 其一、一方面不想在系统中增加电流隔离, 而另一方面为了满足国内或国际安全法规要求, 他们不得不这样做。但增加电流隔离的弊端是隔离直接放在数据路径中, 会导致延迟并使系统变慢。此外还会增加功耗、尺寸和成本; 其二、要求单封装内数据通道和电源隔离器件节省成本和封装尺寸, 并简化工业总线隔离及总线隔离的工业系统, 这也是设计

工程师经常面对电源隔离的难题。直到现在, 设计工程师只有两种选择: 要么使用一些分立器件构建一个尺寸很大的隔离电源, 要么购买一个价格很贵的隔离DC / DC更换器。鉴于现有的和其它解决方案都受尺寸和成本限制, 尤其是当多总线必须隔离时这个问题变得更加困难。

面对此挑战则由此引出基于iCouple~数字隔离技术的脉冲调制变压器是有效的应对与选择。那么iCouple~数字隔离技术有什么独特的应用特征呐?

* iCouple~数字隔离技术特征

iCoupler隔离器是基于芯片尺寸变压器的磁耦合器, 是采用脉冲调制方式实现的数字隔离器件。脉冲调制变压器隔离器件是属电感式隔离器范围, 电感耦合使用不断变化的磁场来通过隔离层实现通信。电感耦合的优势之一是在不明显降低差模信号的情况下最小化变压器的共模噪声。另一个优势是信号能量的转换效率极高, 因而可以实现低功耗隔离器。

而脉冲调制变压器隔离器件典例是iCouple~数字隔离技术, 它采用芯片级微变压器通过高达5kVRMs额定隔离电压的电缆传送高达100Mbps的数据。晶片级信号处理提供了一种在单颗芯中集成多个隔离通道以及其它半导体功能的低成本方法。iCoupler技消除了与光耦合器相关的不确定电流传送比率、非线性传送特性及随时间漂移和随温度

漂移问题，功耗降低了 90%，并且无需外部动器或分立器件。

iCoupler 系列数字隔离器，采用 isoPowered 创新技术，通过将隔离的电源和数据通道集成到一个表贴封装的单芯片解决了这个难题。基于 iCoupler 系列数字隔离器技术的脉冲调制变压器提了供隔离的 50 mW 稳压电源和 10 Mbps 数据通道，它们既可单独使用也可与其它 iCouper 产品配合使用以隔离工业应用中常见的总线，包括 RS—485，RS—232，SPI~ 和 I²C 接口。采用 iCoupler 系列数字隔离器的解决方案能够节省成本达 70%，减小封装尺寸达 80%。独特的 iCoupler 数字隔离器基本结构示意图 1 所示。如今已有不少数字隔离技术的芯片问世，而其中 ADuM524x 数字隔离器为一典例。

而 iCoupler 的 ADuM524x 特征为：隔离的 5 V / 10 mA 输出稳压电源，是 10 Mbps 双数据通道，温度范围 -40℃ ~ +105℃，其隔离度为 2.5kVrms，数据传送速率为 10Mbps 最大值，其隔离的输出电源电 10mA 最大值而尺寸为 5mm × 6mm，8 引脚窄体 SOIC 封装。

*iCouple 的数字信号传输应用技术

从图 1 可知，数字信号的传送是通过发送约 1ns 宽的短脉冲到变压器另一端来实现的，两个连续的短脉冲表示为一个上升沿，单个短脉冲表示为下降沿。次级端有一个不可重复触发的单稳态电路产生检测脉冲。如果检测到两个脉冲，输出就被置为高电平。相反的，如果检测到单个脉冲，输出就置为低电平。采用一个输入滤波器有助于提高噪声抗扰能力。如果 1ms 左右没有检测到信号边缘，发送刷新脉冲信号给变压器来保证直流的正确性（直流校正功能）。如果输入为高电平，就产生两个连续的短脉冲作为刷新脉

冲，如果输入为低电平，就产生单个短脉冲刷新。这对于上电状态和具有低数据速率的输入波形或恒定的直流输入是很重要的。

*iCouple~ 数字隔离技术的脉冲变压器在太阳能逆变器中的应用

真因为具有独特数字隔离技术与数字信号传输应用特征的脉冲调制变压器隔离器件，故它在新能源、工业控制等领域获得了广泛的应用。使其这类系统的可靠性与稳定性有了保证。在此仅以离网发电太阳能逆变器中脉冲变压器应用为例作一说明。图 2 为以基于 MC56F8013 和 MC56F8036 数字信号控制器构建的离网发电太阳能逆变器框图。

从图 2 可知隔离 DC/DC 转换器是基于 MC56F8023 的太阳能电池板逆变器稳定可靠的关键脉部件，而它的稳定可靠又取决于栅级驱动功率管的可靠工作，为此必须应用脉冲变压器将门驱动器输出信号可靠的作用于功率管的栅做级，即起到了数字隔离与信号传输的作用，才能保证逆变器隔离 DC/DC 转换器可长期稳定的工作。这是因为该离网发电太阳能逆变器的设计是应用 16 位数字信号控制器 (DSC)MC56F80xx 来控制整个逆变器功能，而该逆变器是将太阳能电池板的输入电压转换为隔离的单相 AC 输出电压。所以它必须包括应用脉冲变压器及用于功率转换、控制和测量的电路，才能保证其典型特性与指标的实现，即，从太阳能电池板流入的 DC 输入电压额定值为 36V，可串联使用一个 36V 或两个 18V 太阳能电池板；并包括用于 3 个串联在一起的 12V 铅酸累加器的电池充电器，隔离输出电压 230V，频率 50Hz，高达 400W 的输出功率与真正的正弦波形输出电压及用于外部通信的 RS-485 隔离接口；

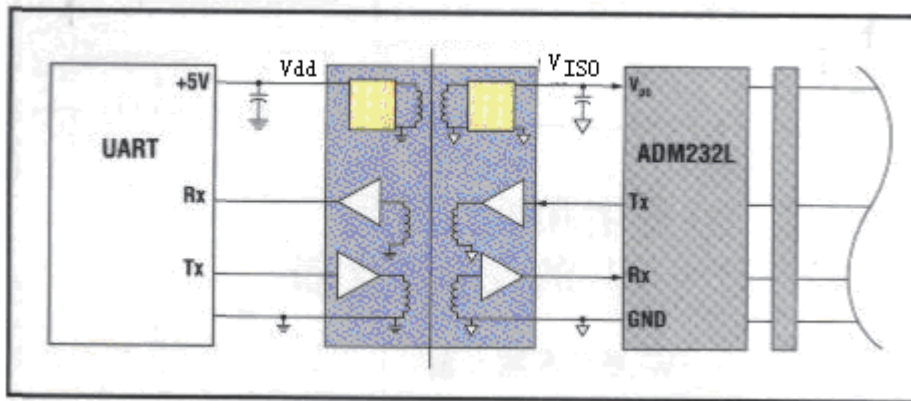


图 1 所示为 iCoupler 数字隔离器基本结构示意图。

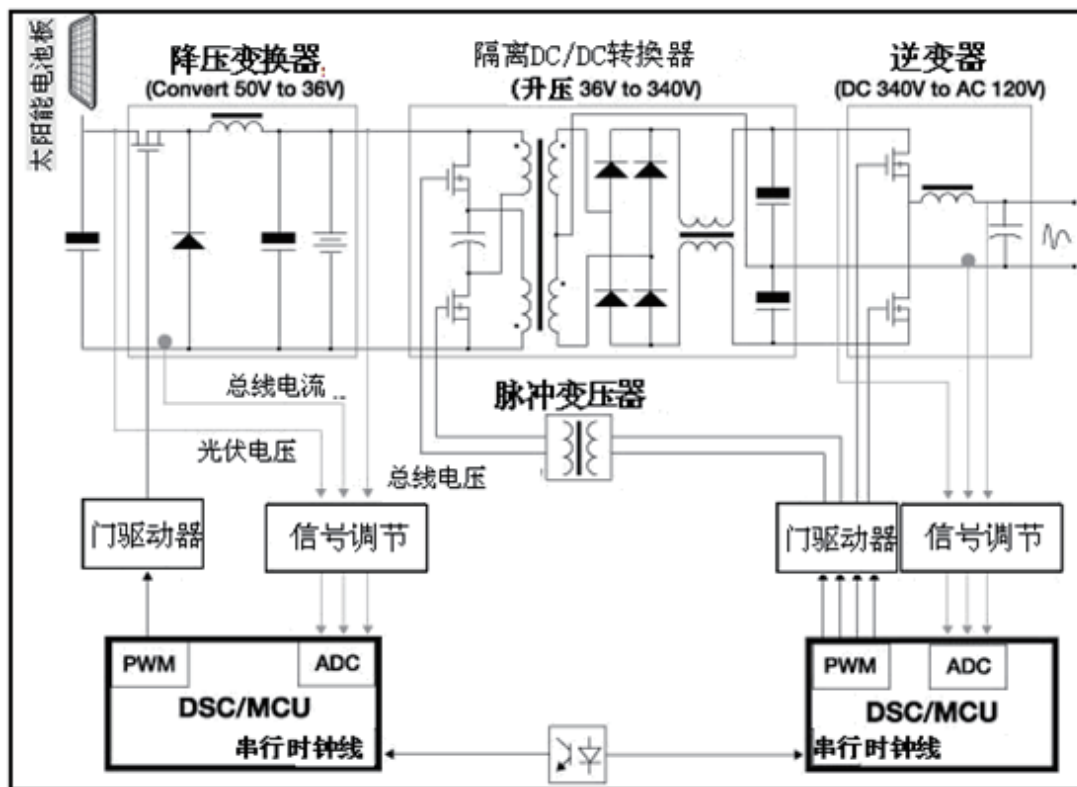


图2 为以基于MC56F8013和MC56F8036数字信号控制器为例构建的离网发电太阳能逆变器框图。

而又无需连接电池及实施过压、过电流和过温保护的离网嵌入式软件的应用。

2 抗磁场干扰特性的电容耦合隔离器件

* 基本特征

电容耦合使用不断变化的电场来通过隔离层实现信息传输。电容器极板之间的材料是电介质绝缘体(二氧化硅),即隔离层,这种高性能的绝缘体具有很稳定的可靠性和耐用性以及抗磁干扰能力和抗瞬态电压能力。这种高效特性使得实现低功耗及低成本的集成式隔离电路成为可能。抗干扰性则使得器件可以在饱和或密集磁场环境下工作。如同电感耦合一样,电容耦合也存在带宽限制,并需要时钟编码数据。电容耦合解决方案使用了经过验证的低成本制造工艺,能够提供固有的抗磁场干扰特性。值此以IS0721数字隔离器为典例作分析说明。

*IS0721数字隔离器的结构与应用

IS0721数字隔离器是逻辑输入和输出缓冲器,由提供高达4000V电隔离的二氧化硅(SiO₂)绝缘势垒进行了分离。当与隔离电源一道使用时,该器件可防止数据总线或其他

电路上的噪声电流进入本机接地以及干扰或损坏敏感电路。图2为3.3V高速电容耦合隔离器件IS0721、IS0722结构示意图。

二进制输入信号在被调节并转换为平衡信号之后,由电容性绝缘势垒对其进行分离。在绝缘势垒的两端,差分比较器将接收逻辑变换信息,然后相应地对触发器和输出电路进行置位或复位操作。通过绝缘势垒来发送周期性刷新脉冲,以确保正确的输出DC电平。如果在超过4μs的时间里未接收到该DC刷新脉冲,则认为输入未被供电或不处于工作状态,故障保险电路将把输出驱动至逻辑高电平状态。

IS0721使用“AC”与“DC”两种通道进行通信。“AC”通道不经过编码,而是经单端至差分转换后直接通过隔离层传输数据。差分信号传输的优点是可抑制接收机的共模噪声。共模抑制与耦合介质(对噪声呈现高阻抗,对高频数据呈现低阻抗)共同实现了瞬态抗干扰功能。“DC”通道将输入数据转换成脉宽调制(PWM)格式,并使用差分方式通过隔离层传输数据。PWM与隔离层接收侧的脉宽解调器(PWD)可确保稳态条件(1或0的长字符串)下能够

正确通信。此外，“DC”通道还可提供自动防护功能。自动防护指的是在出现输入故障的情况下对输出状态的判断。IS072x 系列器件使用载波检测功能来确定输入结构的电源是否处于“开启”以及该结构是否正在运行。如果该载 6 波检测器在 4ps 内未检测到脉冲，则会将输出设置为逻辑高电平。

由此 3.3V 高速电容耦合隔离器件 IS0721、IS0722 可在工业现场总线与伺服监视及控制设备上应用。

3 用 I²C 数字隔离器解决总线接口的双向隔离问题的应用特征

迄今为止，隔离电源中包含的接口有多种方式，例如 SMBus 和 PMBus 接口，它们都存在隔离双向信号的共同问题。如何解决呢？则需要用某种方式将两个独立的而采用光耦合器隔离的单向线路组合起来以便支持双向信号的传输。对于一个 2 线的双向接口，这种方法就需要四只光耦合器。I²C 双隔离器采用一种容易使用的 8 引脚 SOIC 器件，通过两个支持双向信号和热插拔兼容的通道解决了这

个问题。该技术是适合隔离电源总线接口的理想解决方案。其 I²C 隔离器基本引脚功能与应用示意图 3 所示。而典型的器件有 ADuMI250 系列。

该应用特征为双向传输，而驱动高达 400 pF 的负载与热插拔，其额定隔离电压为 2.5kV 有效值，封装为 8 引脚，可在路由器、基站与电信设备等上应用。

4 后话

众上所述可引出二个问题。

其一、上述基于 iCouple~ 数字隔离技术的脉冲调制变压器等隔离器，它们均属基于数字隔离技术的芯片，最大应用特征是数字隔离电路主要用于数字信号和开关量信号的传输。使用隔离电路的一个首要原因是为了消除噪声。另一个重要原因是保护器件（或人）免受高电压的危害。因此可用于新能源、工业控制、工业网络环境的现场总线、军用电子系统及航空航天电子设备的众多领域之中，尤其是一些应用环境比较恶劣的场合，如在混合动力和电动汽车中的应用就是典例。众所周知，混合动力和电动汽

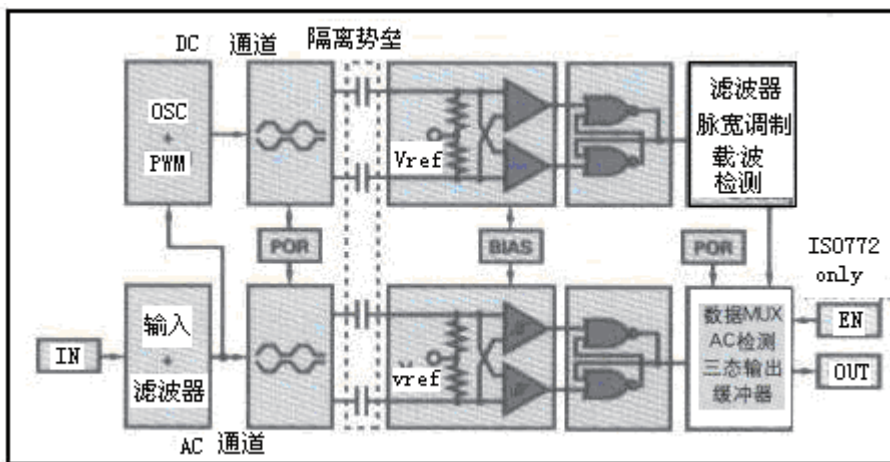


图 2 为 IS072x 数字隔离器结构示意图

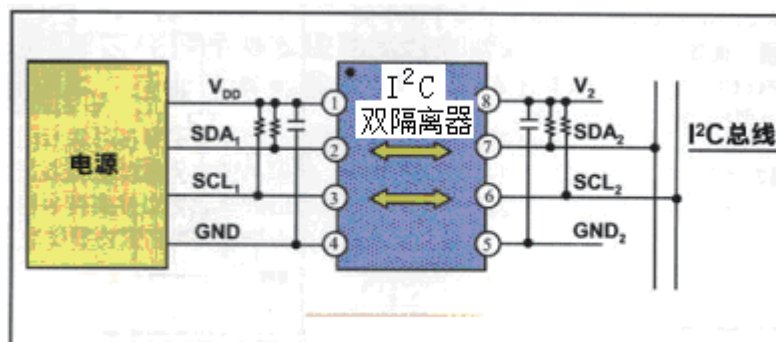


图 3 为 I²C 双隔离器基本引脚功能与应用示意图。

车(HEV/EV)将400V和更高电压的设计导入了汽车和交通领域。在严酷的汽车环境中,要应对如此高的电压和大的电流,就需要高度可靠且可长期稳定工作的方案,以便能有效地将此高压和其它电子功能电路隔离开来。并且才能将原来的12V电压网络提高之以400V或更高的电池和电源系统,诸如高压电池、隔离DC/DC转换器等。从而满足混

合动力和电动汽车系统一系列全新要求。

其二、关于数字隔离器的安全可靠性问题。并非所有数字隔离器技术和实现方案都能提供同样的安全性。那就是隔离器必须具备绝缘材料、隔离元件、数据传输架构及封装等技术条件。每个条件(或要素)都存在不同的选择,最终组合决定隔离器的能力。

上接135页

- [10] 谢秀峰, 苏淑靖. 基于DDS的PCM数字信号源设计与实现[J]. 电测与仪表, 2015.52(8): 91-95.
XIE Xiu-feng, SU Shu-jing. Design and Realization of the PCM Digital Signal Source[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2015.52(8): 91-95.

作者简介

周岩(1980—),男,副教授,从事功率磁损建模及测试。

Email: zhouyan@njupt.edu.cn

联系人: 周岩

电话: 13813863836

Email: zhouyan@njupt.edu.cn

详细通信地址: 南京邮电大学仙林校区
自动化学院 210046



上接138页

5.3 东阳禹磁实业有限公司

公司投入500多万元,2013年上半年改造完成20台成型压机自动化设备,下半年再完成16台。这套设备实现了注料、刮浆、压制、送出的自动化,产品一致性得到提升。机器全部安装完成后,算上机修人员工资,人工工资从目前的每月50万元下降到20万元左右。

5.4 浙江凯文磁钢有限公司

公司投资4500万元新建一条永磁铁氧体批量生产线,实现年产2000吨具有国际领先水平的变频空调电机用瓦型磁体,年销售收入新增1.5亿元。

参考文献

- [1] 墨形,袁春妹. 机器人自动化革命颠覆传统行业. 纺织周刊,

2014(12)

- [2] 杨婧如. 工业4.0催生“机器人”时代.
http://szttqb.sznews.com/html/2015-03/2b/content_3178862.htm
- [3] 机器人. <http://baike.baidu.com>
- [4] 东阳日报. 磁性行业“机器人”步伐加快. 2013/5/2, .
<http://www.gkong.com/item/news/2013/05/73003.html>
- [5] 东阳东磁永磁十五厂:“两化”融合推进“机会换人”.
<http://www.ycrusher.com/news/113601.html>
- [6] 人机协作将是未来工厂自动化趋势.
http://www.ca800.com/news/d_Insrt9a43h081.html